









Tema : Flotación por aire disuelto

José Luis Pérez Talavera

Las Palmas 19 de Octubre a 13 de Noviembre de 2.021

FAD

Necesario cuando el agua contiene grasas o hidrocarburos y en zonas de mareas rojas, donde la remoción de las mismas no puede realizarse por sedimentación.

Debido al incremento de la temperatura del mar y al aumento de la polución, cada vez son mas frecuentes los episodios de mareas rojas, llegando en muchos casos a convertir la zona afectada en anóxica.

Marea roja



Marea roja

* En la literatura inglesa, cada vez se usa menos el termino “Red tide” siendo sustituido por el mas especifico de HAB (Harmful algal bloom)

* Se considera que hay una marea roja cuando la cantidad de algas grandes (15 a 20 micras) es mayor de 15.000 células /ml. O cuando la cantidad de algas pequeñas (1 a 5 micras) es mayor de 100.000 células / ml.

Flotación

La flotación se describe como un proceso de separación por gravedad, en el que las burbujas de gas se unen a las partículas sólidas, para hacer que la densidad aparente de los aglomerados sólidos – burbujas, sea menor que la del agua, permitiendo así que el aglomerado flote a la superficie, para ser eliminado.

¿Porqué usar un FAD?

La gran abundancia de algas microscópicas produce el colapso de los sistemas de filtración, obligando a disminuir los caudales de las Plantas y muchas veces a su parada.

Igualmente, sus excreciones orgánicas (PET) son altamente ensuciantes, afectando a todo tipo de membranas, frecuentemente de forma irreversible.

¿Porqué usar un FAD?

* La eficiencia de un filtro de arena ante una mares roja es pequeña.
* Pruebas efectuadas con un alga pequeña de 2 a 8 micras y otra grande de 18 micras dieron el mismo resultado:
* 30.000 células/ml: Retención inicial:90%; retención a las 7 horas: 74 %/
* 50.000 células/ml: Retención inicial: 90 %; retención a las 7 horas: 78 %
* 145.000 células/ml: Retención inicial: 80%; retención a las 7 horas: 48%

Partículas exopolímericas transparentes (PET)

Partículas exopolímericas transparentes, (visualizadas con la tinción azul alciano) son polisacáridos ácidos y glicoproteínas, identificadas por primera vez en 1993 en aguas marinas (Alldredge, 1993).

Son una porción del SPE (Sustancias poliméricas extracelulares)

Principalmente excretado por fitoplánctones durante las floraciones de algas.

Son altamente pegajosas, hidrófilas, flexibles y amorfas.

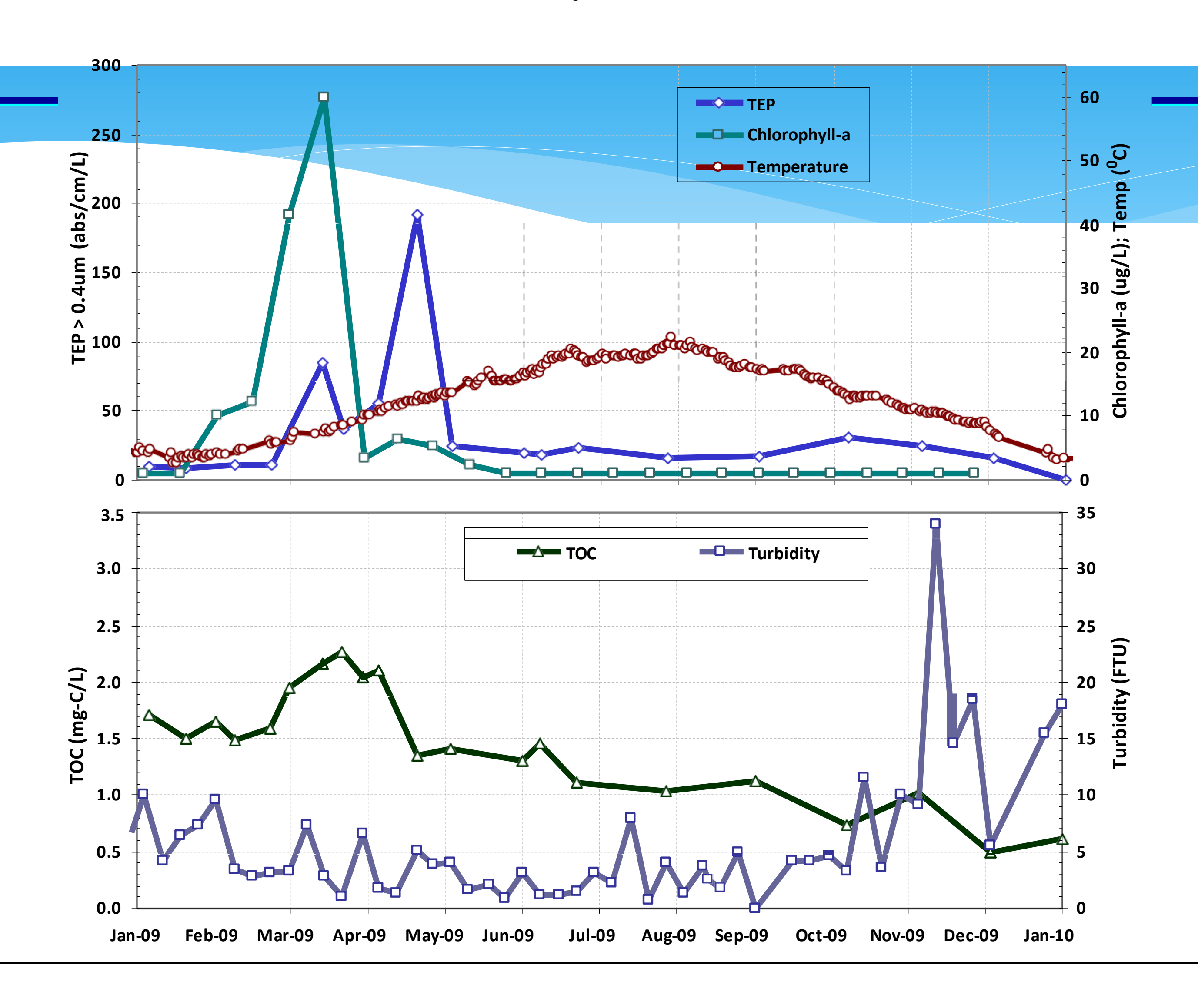
Aspecto del PET



PET

- La abundancia de PET varia en el agua estacionalmente; siendo mas alta en primavera.
- El PET no tiene una correlación clara con el COT y la turbidez.
- Ensuciamientos altos en las membranas de UF y OI coinciden con niveles altos de PET.
- PET es la causa del ensuciamiento irreversible de las membranas.

Variación estacional del PET y otros parámetros



Efectos de diferentes algas

* • Especies que no son tóxicas pero sus floraciones causan decoloración del agua (marea roja) seguida de mortalidad marina debido al agotamiento del oxígeno: Centelleantes de Noctiluca • Especies no tóxicas para los seres humanos pero dañinas para los peces e invertebrados marinos al dañar o obstruir las branquias, llevando a la producción de mucílagos e hipoxia : Chaetoceros spp., Ceratium furca, C. fusis, Cochlodinium polykrikoides, Cerataulina pelágico, y Coscinodiscus spp. • Especies que producen una variedad de toxinas, causando problemas gastrointestinales y neurológicos a los seres humanos a través de la cadena alimentaria : • Intoxicación por mariscos paralíticos (PSP): Alexandrium tamiyavanichii, Gymnodinium catenatum, Lingulodinium polyedrum, Pyrodinium bahamense.

Cochlodinium polykrikoides

- Es muy frecuente en el Golfo Pérsico y en Mexico
- Posee un tamaño de 30-40 micras de largo y 20-30 micras de ancho.
- Suele aparecer en cantidades oscilando entre 360×10^3 y 7×10^6 células por litro.
- Se encuentra en superficie, hasta 4 m de profundidad.
- Culpable del cierre de muchas Plantas en el Golfo, algunas hasta dos meses.

Marea Roja

* Los valores alcanzados por el agua de mar durante una marea roja son:
* Turbidez: 30 a 50 NTU
* (La salida del FAD oscila entre 0,5 y 1,5 NTU)
* Clorofila: 30 mg/m^3 (Valor normal 5 mg/m^3)

Toxinas

* Las toxinas secretadas por las algas tienen un poder tóxico elevado.

* Por ejemplo, la Saxitoxina es 1.000 veces mas potente que el cianuro y 50 veces mas que el curare.

* Cada año mueren personas por ingerir pescado afectado por toxinas.

Mortandad durante episodio de algas rojas

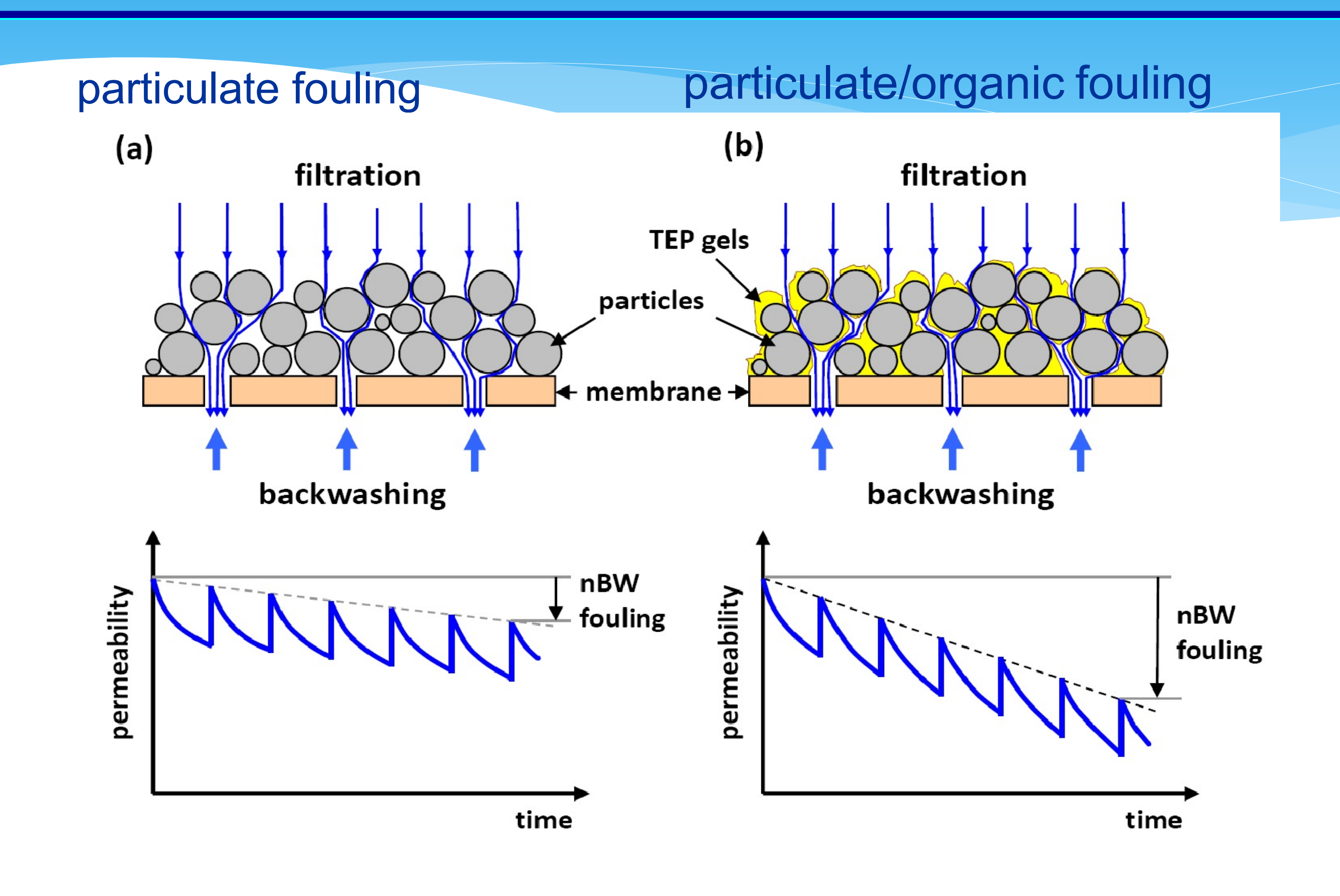


Conclusiones

- Durante las floraciones de algas, las propias células de algas no son responsables del alto potencial de ensuciamiento de las membranas, sino más bien del PET que produjeron; o una combinación de los mismos.

- El mayor problema es que una gran porción del mismo no se puede eliminar por el contra lavado o por el lavado químico, ensuciando de forma irreversible las membranas tanto de UF como de OI.

Ensuciamiento de membranas por PET

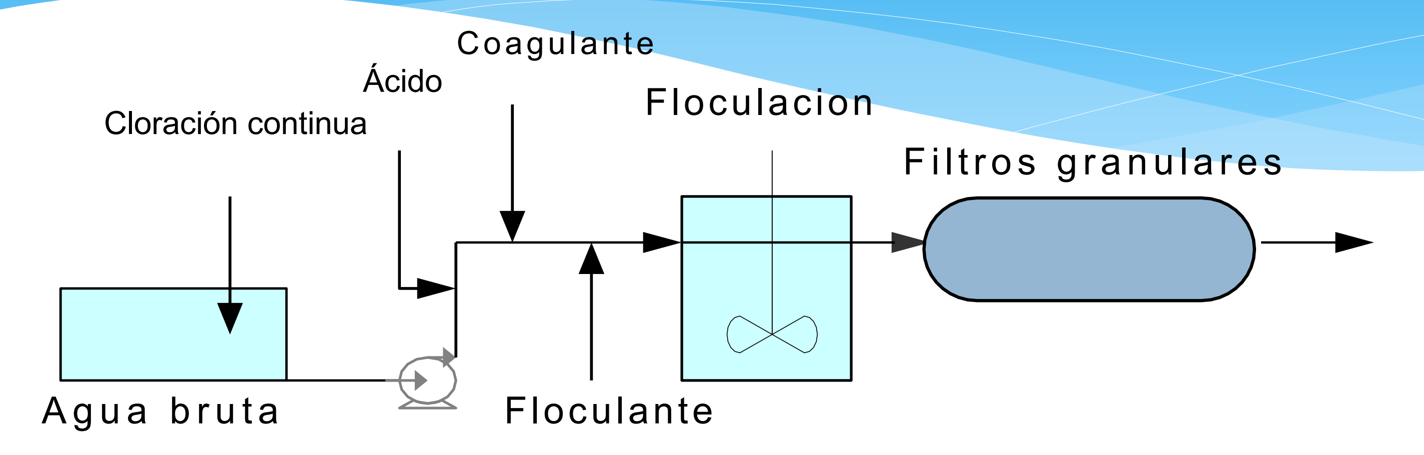


Grasas y aceites

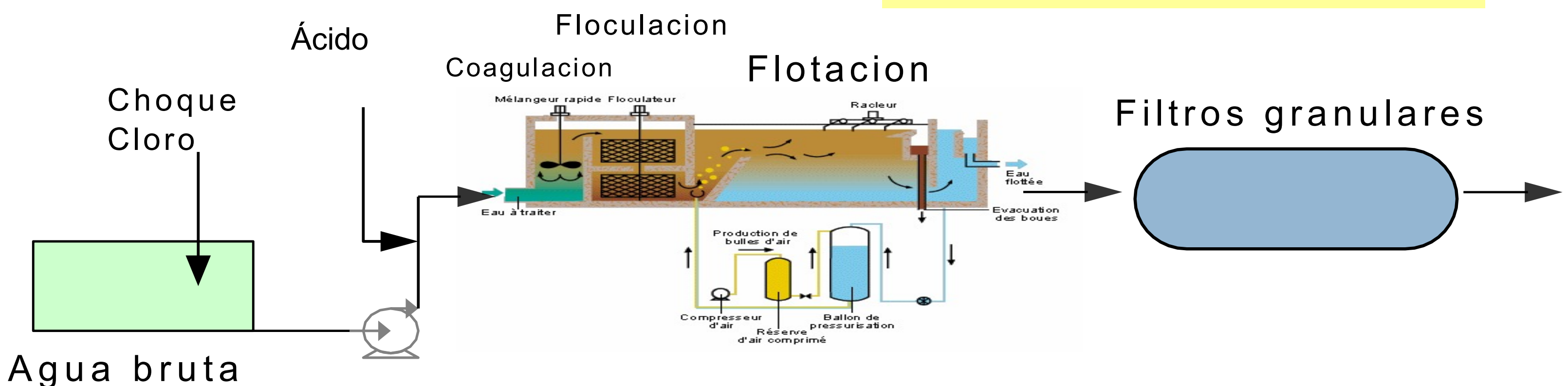
* Si la cantidad de grasas mas aceites contenidas en el agua es superior a 500 ppm, el FAD no funciona bien y habría que instalar previamente un equipo reductor.

Cambio de diseño

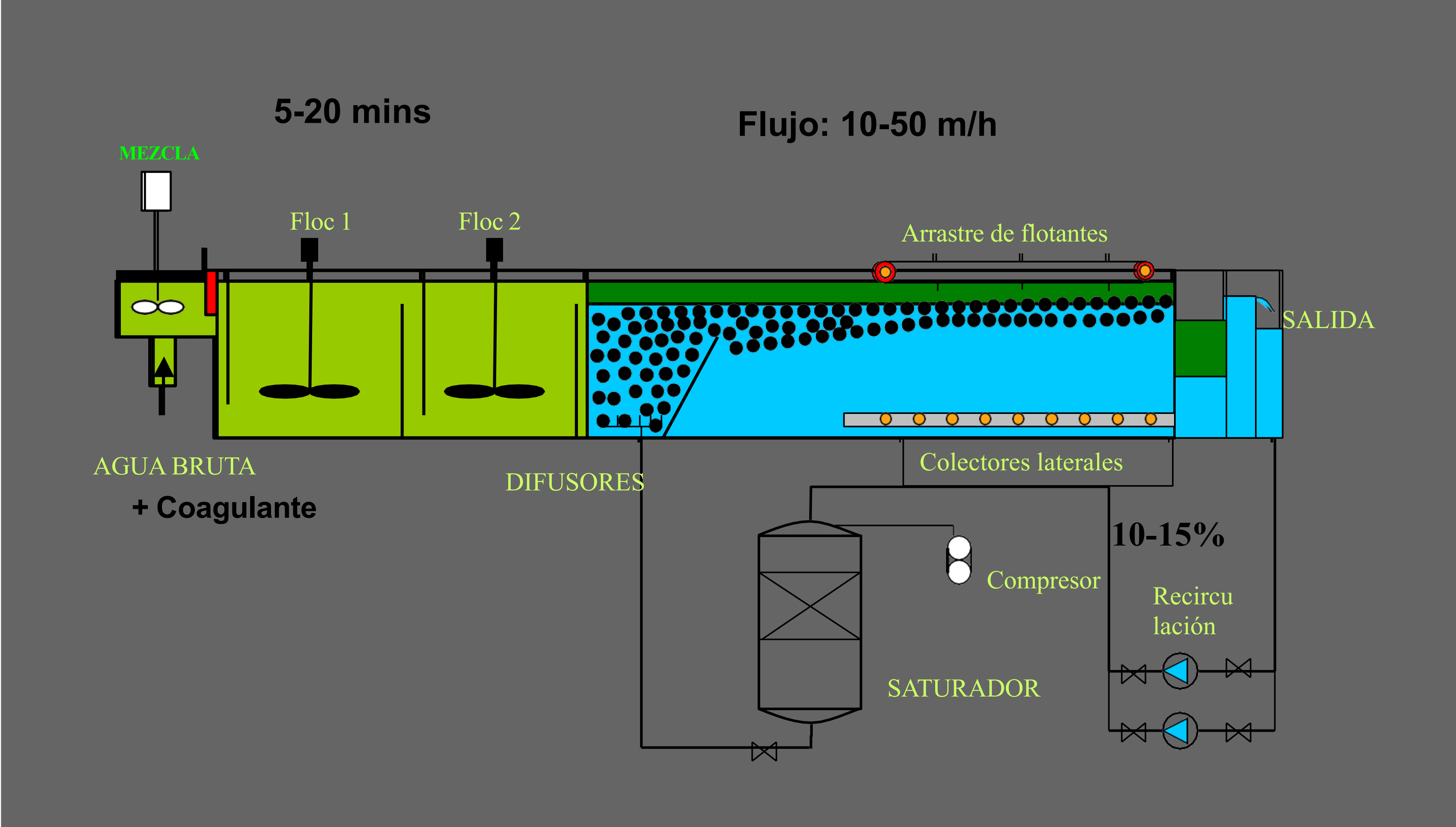
Diseño clásico



Diseño actual



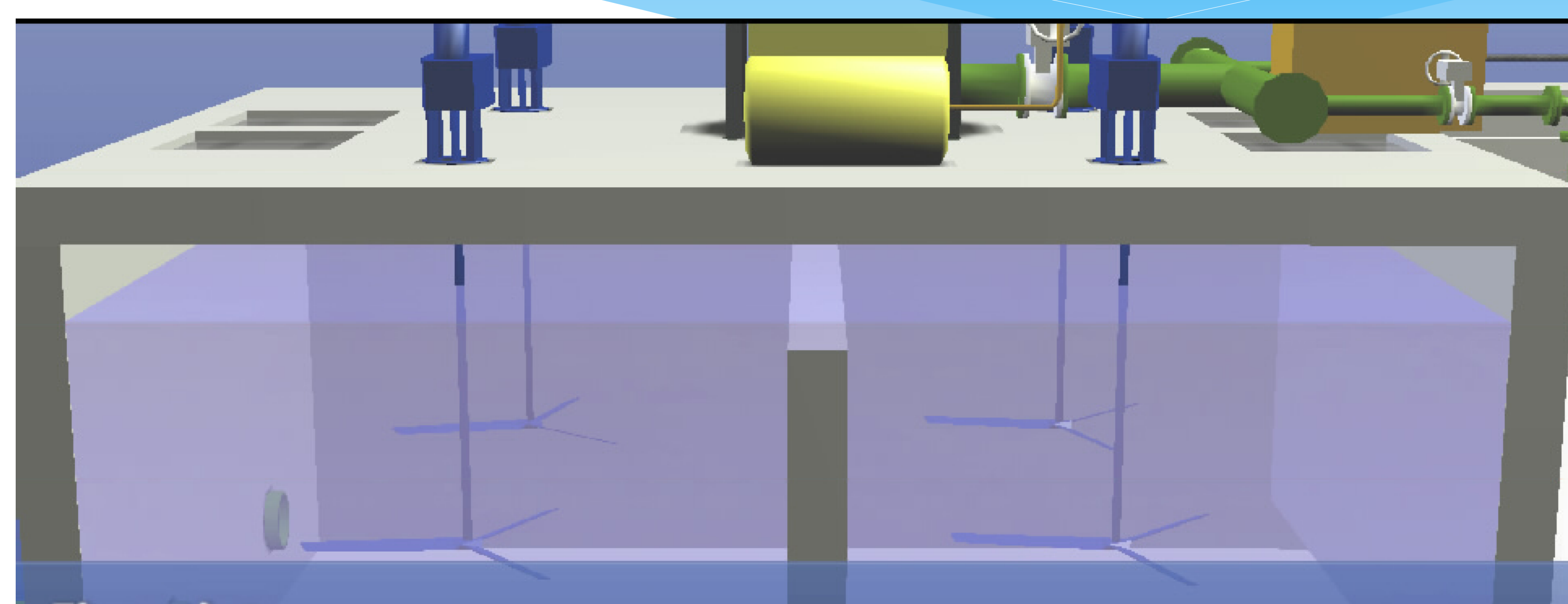
Componentes de un FAD



Componentes de un FAD

* Inyección de coagulante
* Cámaras de floculación
* Cámara de mezcla
* Cámara de flotación
* Carro colector de flotantes
* Difusores
* Compresor de aire
* Saturador
* Colectores laterales
* Bomba de recirculación

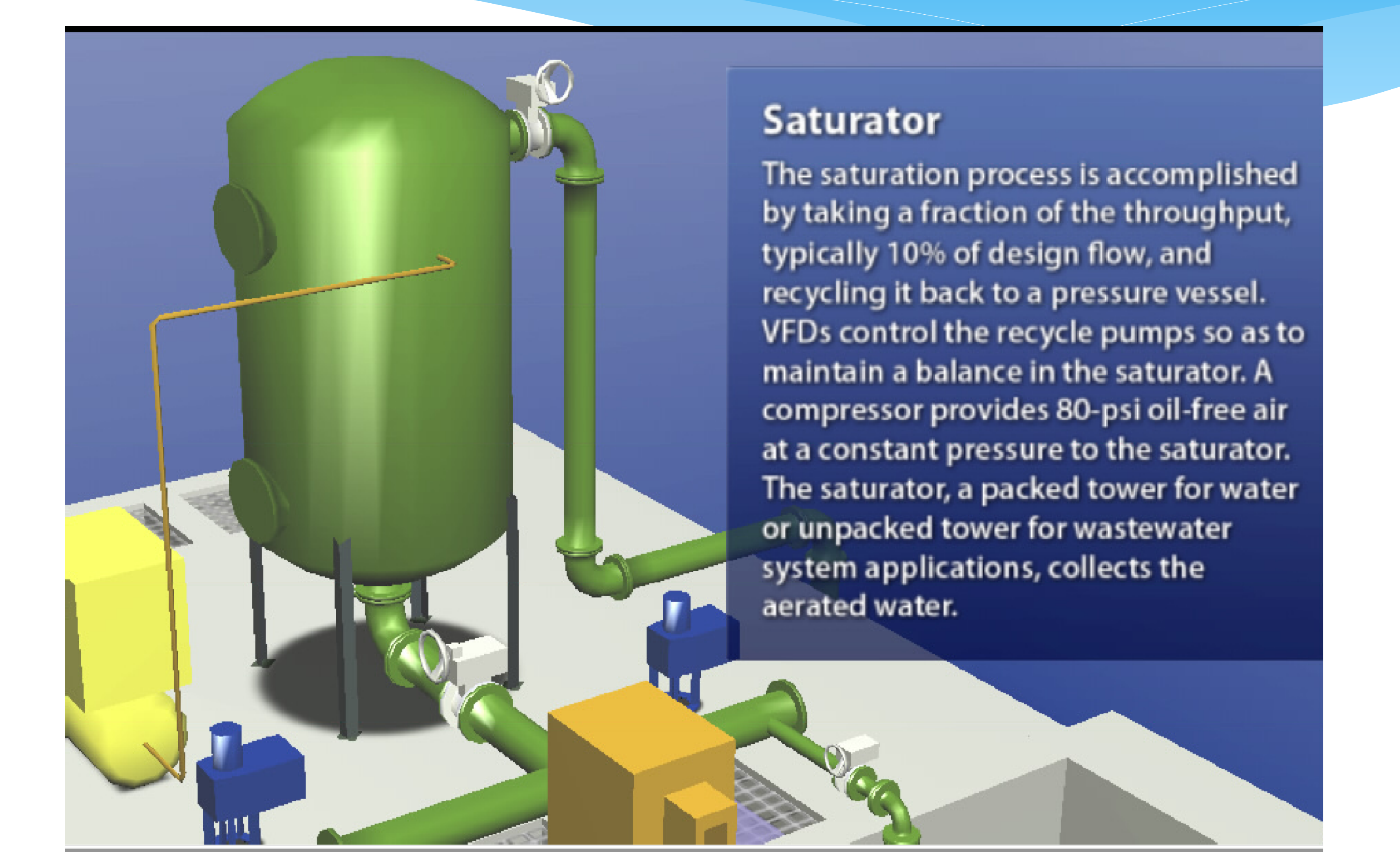
Cámaras de floculación



Floculación

* El tiempo de coagulación mas efectivo es de 10 min para agua de mar y de 5 para agua salobre.
* Comprobado por diferentes investigadores.
* (Edzwald & Wingler) 1990
* Bunker 1995
* Valade 1996
* El tamaño ideal de salida es de 25 a 50 micras para una operación optima del FAD.

Saturador


Saturator
The saturation process is accomplished by taking a fraction of the throughput, typically 10% of design flow, and recycling it back to a pressure vessel. VFDs control the recycle pumps so as to maintain a balance in the saturator. A compressor provides 80-psi oil-free air at a constant pressure to the saturator. The saturator, a packed tower for water or unpacked tower for wastewater system applications, collects the aerated water.

Difusores

Air Nozzle Header

The aerated water is delivered to a distribution header that spans the width of the DAF cell. This distribution header has a series of specially designed orifices or nozzles. As the pressurized water exits the nozzles, the pressure drop produces a cloud of microbubbles that are 20 to 100 microns in size.

Cámara de mezcla

Reaction Zone

After a pin floc is formed, the raw water stream is injected with water that has been saturated with air. The contact zone is given a milky appearance like that of a whitewater blanket. The tiny air bubbles rise through the coagulated water, capturing floc as they ascend to the surface. The tiny, spherical bubbles rise under laminar flow at a rate following a modified Stokes Equation

Cámara de mezcla

* El tiempo de actuación en la cámara de mezcla debe ser de 1 a 2 minutos.
* No se observa beneficio después de 1,5 minutos de contacto-Las burbujas en esta zona tienen entre 40 y 80 micras.

Cámaras de mezcla y flotación

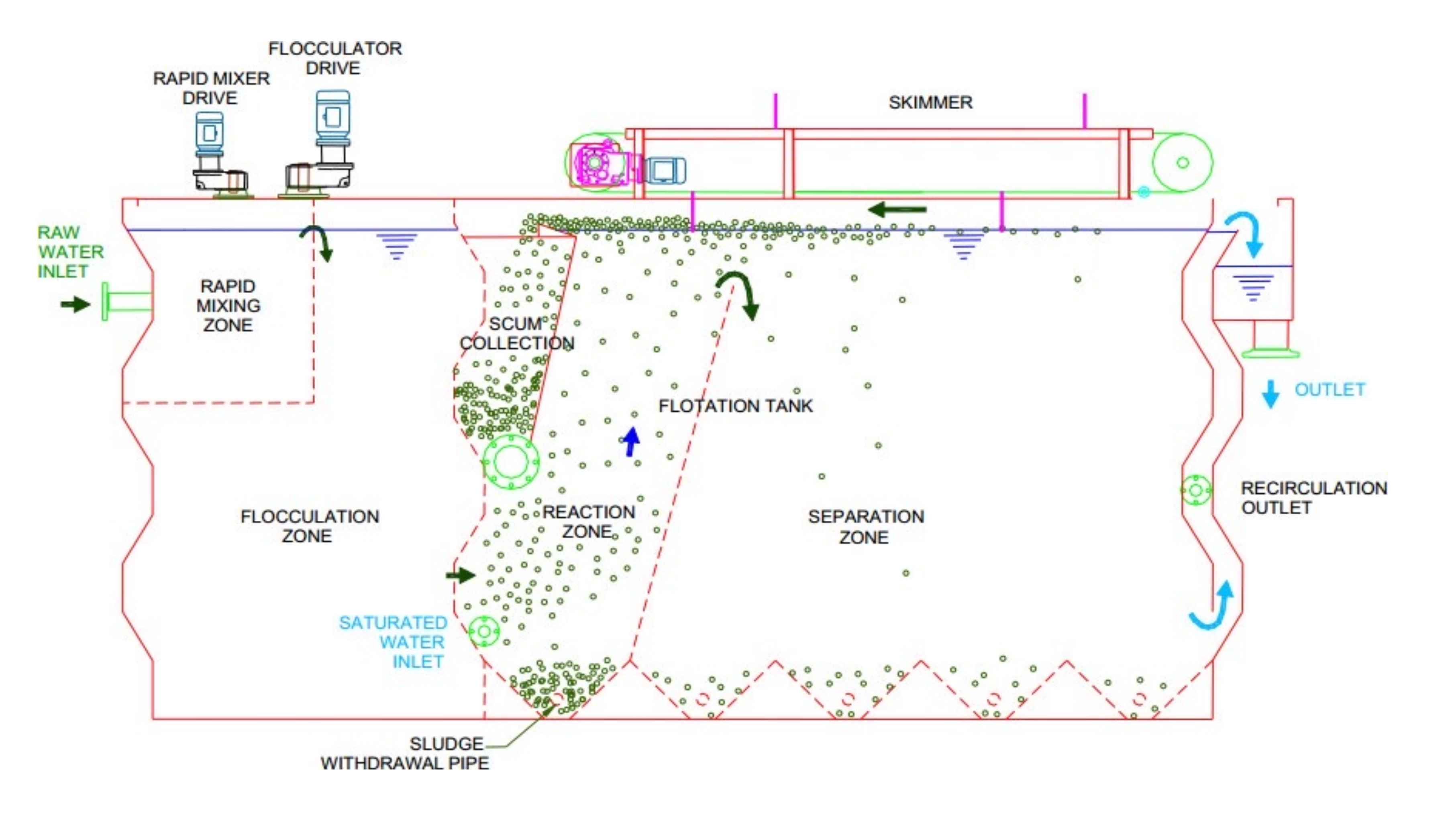


Colectores laterales

Effluent Draw-Off Laterals

The clarified effluent water is drawn off the bottom of the tank by a series of lateral draw-off pipes that allow for uniform distribution along the bottom of the DAF cell.

Detalle de un FAD



Historia

* Inicialmente los FAD fracasaron en agua de mar.
* El fallo fue debido a utilizar los mismos diseños que los usados en aguas industriales o salobres.
* Las diferencias principales son:
* Diferente densidad
* Tamaño mas pequeño de las algas a retirar.

Diferencias

* Al tener las algas un tamaño microscópico, necesitan un tamaño de burbuja muy pequeño y una mayor cantidad.
* El tamaño de la burbuja es inversamente proporcional a la presión, por lo que se necesitan presiones mayores que las convencionales.
* Igualmente la gran cantidad de algas necesita una mayor cantidad de burbujas, o sea mayor cantidad de aire.

Diferencias

* Las partículas y algas marinas tienen menos carga eléctrica que las de agua dulce y por tanto necesitan cámaras de coagulación y floculación mayores.
* Las partículas marinas tienen menor coalescencia.

Presión de aire a aplicar

* Con las presiones estándar de 4 a 6 bar se consiguen tamaños de burbuja entre 20 y 100 µ con un valor medio de 60 µ.
* Para obtener menores tamaños es necesario utilizar presiones comprendidas entre 8 y 10 bar.
* Un menor tamaño de la burbuja, produce una menor velocidad de ascenso y por tanto una mejor efectividad de arrastre.

Burbujas

* El diámetro de la burbuja viene dado por :
* $d = 4 \times ts / dP$
* Siendo ts la tensión superficial del agua
* y dP la presión diferencial a través de los difusores

Velocidad de ascenso de las burbujas

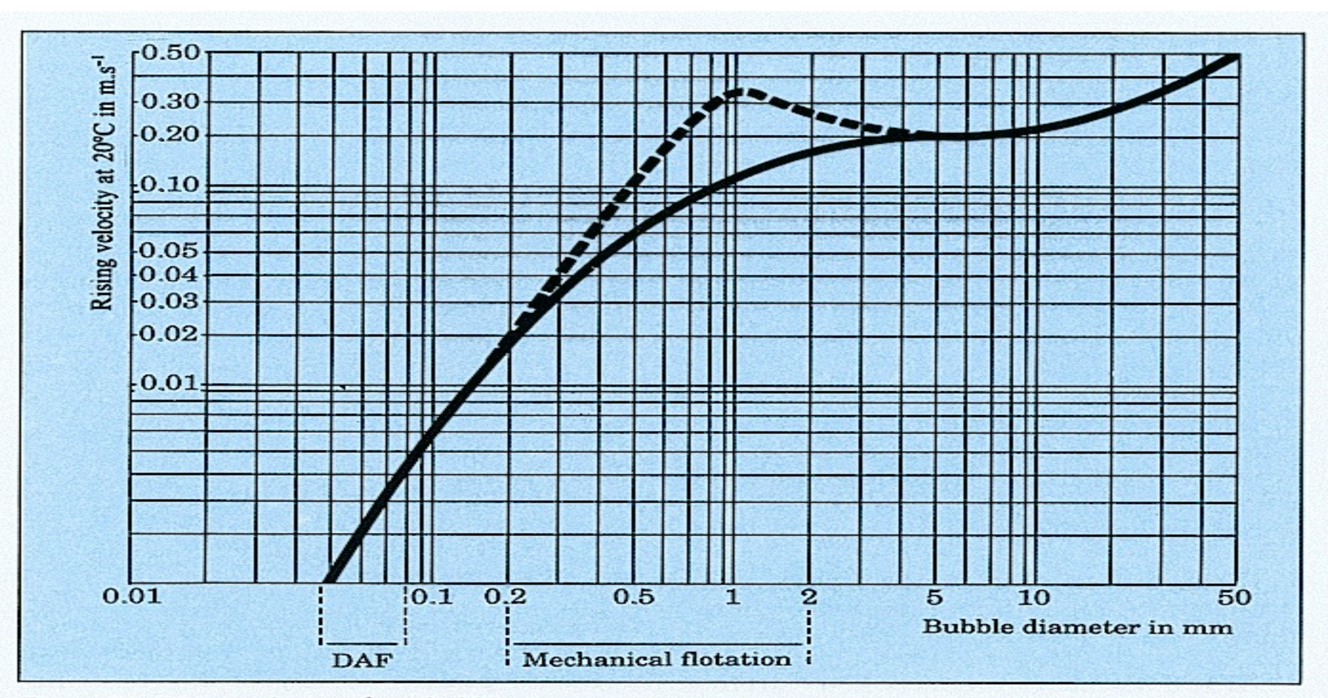


Figure 51. Rising velocity of gas bubbles in water.

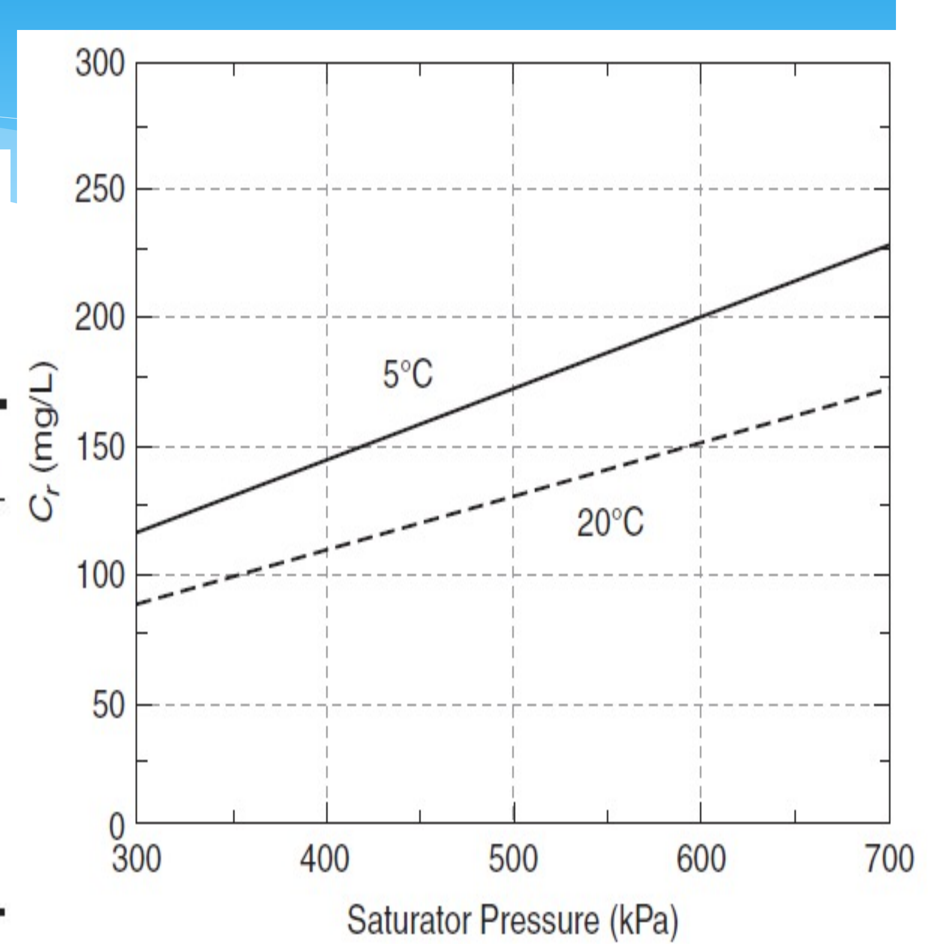
Caudal de aire

* Las cantidades de aire utilizadas en la industria o en aguas superficiales es muy baja.
* Valor obtenido de los fabricantes: 0,02 a 0,2 kg de aire por kg de solidos.
* El valor necesario para agua de mar es mucho mayor: 0,75 kg de aire por kg de solidos.
* Dado que la solubilidad del aire aumenta con la presión, su aumento favorece no solo al tamaño de la burbuja, sino al aumento del caudal de aire en el flujo de recirculación.

Solubilidad del aire

Solubility of Oxygen, Nitrogen, and Air in Water for Atmospheric Air (79.1 percent N_2 [accounts for small amounts of other gases] and 20.9 percent O_2)

Temperature (°C)	$C_{s,O}$ (mg/L)	$C_{s,N}$ (mg/L)	$C_{s,air}$ (mg/L)
5	12.3	19.5	31.8
10	10.9	17.7	28.6
15	9.8	16.1	25.9
20	8.9	14.8	23.7
25	8.1	13.6	21.7
30	7.4	12.6	20.0



Detalles

* Un FAD remueve alrededor del 85 al 90% de las algas.
* Un FAD solo remueve partículas mayores de 30 micras.

Diseño FAD

No se debe añadir floculante, (No es necesario un floculo muy denso), solamente coagulante y solo si es estrictamente necesario.

Flujo cámara flotación: 20 a 30 m/h

Presión del aire: 8-10 bar

Tiempo de contacto cámara de mezcla: 1-2 m.

Recirculación: 6-15% del caudal

Cantidad de aire: 0,75 kg aire/kg solidos

Consumo energético: 0,05 kWh/m^3

Remoción de algas: 80 a 90%

Diseño FAD

* Debido a la etapa de coagulación – floculación, además de las partículas de pequeño tamaño, también hay una cierta cantidad de particulas pesadas que sedimentan en la cámara de flotación.
* (Esto es algo que a veces se olvida)
* Por tanto, el fondo de la cámara debe poseer pendiente, o en su caso si es horizontal, estar dotado de un sistema de rasquetas.

Aspecto “lechoso” del agua



Generación de sulfhídrico

- En los episodios de mareas rojas de gran intensidad, el océano se convierte en anaerobio, generándose gas sulfhídrico.
- Además del mar olor aportado al agua, existe el peligro de su oxidación durante el proceso en Planta, que originaria ensuciamiento de las membranas.

Eliminación del sulfhídrico

Solución Aeróbica:

- Eliminación de H_2S por desgasificación a la entrada de la planta
- Precipitación de sulfuros a sulfatos y decantación
- Oxidación derivados de azufre y decantación

Solución anaeróbica:

Reducción del pH en el agua bruta (4 a 6)

- Desgasificación con aire del H_2S posterior a la OI
- Eliminación de trazas de sulfuro por adición de hipoclorito de sodio al tanque de producto.